

Inocuidad microbiológica de las masas artesanales de maíz expendidas en Puerto La Cruz, Venezuela

Microbiological safety of artisanal corn dough expended in Puerto La Cruz, Venezuela

Próspero A. Alessi-Cusati^{1,*}, Jesús E. Ekmeiro-Salvador^{1,#}

Resumen

Recientemente las masas artesanales de maíz pilado han pasado a ser un alimento de consumo masivo en Venezuela, sin un control sanitario adecuado en materia de elaboración y expendio. Existen muy pocos estudios referenciados internacionalmente, y ninguno reciente a nivel local, al respecto de este producto; por ese motivo el objetivo de esta investigación se ha enfocado su evaluación microbiológica con muestras obtenidas en el mercado municipal de Puerto La Cruz, que son el principal punto de expendio de las mismas en las principales ciudades venezolanas. Se determinaron las frecuencias de coliformes totales, coliformes fecales, presencia de *Escherichia coli*, aerobios mesófilos y *Staphylococcus aureus* como indicadores de una manipulación inadecuada; también se consideró la presencia de mohos y levaduras como microorganismo asociados a cereales. Se concluye que la totalidad de las muestras de masas de maíz pilado presentan un elevado nivel de estos microorganismos indicadores y que su consumo sin la cocción adecuada podría conllevar riesgos importantes para la salud.

Palabras clave: maíz, masa, harina, evaluación microbiológica, ETA.

Abstract

Recently, artisanal masses of pillar corn have become a food for mass consumption in Venezuela, without adequate sanitary control in terms of production and sale. There are very few internationally referenced studies and none recently locally, regarding this product; for this reason, the objective of this research has focused on its microbiological evaluation with samples obtained in the municipal market of Puerto La Cruz, which are the main point of sale of the same in the main Venezuelan cities. The frequencies of total coliforms, fecal coliforms, presence of *Escherichia coli*, aerobic mesophiles and *Staphylococcus aureus* were determined as indicators of inadequate manipulation; The presence of molds and yeasts was also considered as microorganisms associated with cereals. It is concluded that all the samples of pillared corn masses present a high level of these indicator microorganisms and that their consumption without proper cooking could carry significant health risks.

Keyword: corn, dough, flour, microbiological evaluation, BFD.

¹Dirección de Postgrado. Máster en Ciencia de los Alimentos. Universidad de Oriente, Puerto La Cruz - Venezuela.

ORCID:

^{*}<https://orcid.org/0000-0003-3347-618X>

[#]<https://orcid.org/0000-0002-9518-6332>

Correspondencia a:

Próspero Andrés Alessi Cusati

Dirección Postal: Vía Alterna, Puerto La Cruz 6023, Anzoátegui, Venezuela.

Email: jekmeiro@gmail.com

Fecha de recepción: 18 de mayo de 2020

Fecha de aprobación: 17 de setiembre de 2020

Citar como: Alessi-Cusati PA, Ekmeiro-Salvador JE. Inocuidad microbiológica de las masas artesanales de maíz expendidas en Puerto La Cruz, Venezuela. Rev. Peru. Investig. Salud. [Internet]; 4(4): 161-169. Available from: <http://revistas.unheval.edu.pe/index.php/repis/article/view/729>

2616-6097/©2020. Revista Peruana de Investigación en Salud. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC-BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Permite copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindando un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.



Introducción

Una de las costumbres alimentarias más arraigadas del venezolano es la adquisición y consumo de productos de manufactura artesanal, ignorando si realmente son seguros química y microbiológicamente. La realidad social actual ha exacerbado esta conducta, dado que Venezuela transita varios años de una difícil crisis política y económica, donde según las cifras oficiales más recientes emitidas por el Banco Central de Venezuela su Producto Interno Bruto experimentó una caída de aproximadamente 5,7% (1); y caracterizada por una escasez acentuada de diversos alimentos, medicinas y otros artículos de la cesta básica (2).

Debido a esta situación general los aspectos relacionados con la disponibilidad de alimentos, especialmente sus canales regulares de distribución y expendio, se han visto significativamente alterados al generarse sistemas

alternos de producción y manejo de materias primas en forma de productos artesanales, absolutamente alejados de los controles establecidos por el estado para garantizar la inocuidad de los alimentos. Esta precarización puede estar vinculada con la notificación regular de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) realizada semanalmente por las autoridades sanitarias, así como la de hepatitis, amibiasis y diarreas que son de los eventos de reporte epidemiológico obligatorio más importantes dentro de las causas de consulta médica en Venezuela (3).

En el centro de esta problemática está el consumo de maíz, ya que el precio de su harina precocida se ha incrementado dificultando el acceso al consumidor regular. Esto representa un verdadero problema de seguridad alimentaria, dado que todos los estudios de frecuencia de consumo han demostrado que es el alimento con mayor intención de compra y disponibilidad en los hogares (4,5); además, desde 1983 es el vehículo principal

del programa de enriquecimiento oficial, añadiéndosele con carácter obligatorio, cantidades determinadas de vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y hierro para aportar 25% de los nutrientes diarios recomendados, teniendo en cuenta las pérdidas provocadas por la cocción (6).

En el actual contexto han surgido varias fórmulas para sustituir la harina de maíz precocida usando avena, plátano, yuca, batata, pero principalmente por la masa de maíz original, que generalmente se expende recién molida (7,8) pero que, al no estar sujeta a controles sanitarios para su elaboración artesanal y expendio supervisado, ha generado un importante debate público y científico sobre su inocuidad (9).

Los microorganismos presentes en la harina de maíz son relativamente escasos, pero una vez rehidratada las bacterias, mohos y levaduras crecen, pues las condiciones de actividad acuosa se hacen favorables para los mismos. En el caso de las masas de cereales no solo pueden acceder desde el aire, agua, suelo o del ambiente del almacén, sino particularmente se incorporan en la fase de manipulación y elaboración de la misma (10). Entre las bacterias utilizadas como indicadores de la calidad de los alimentos, el grupo de coliformes es tal vez el criterio internacional más importante para evaluar contaminación y la calidad sanitaria de una muestra. Los coliformes aportan importante información sobre el tipo y la fuente de contaminación presente, e incluyen géneros como *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (11). La presencia de coliformes indica que los alimentos podrían estar contaminados con heces fecales humanas o de animales, representando estos patógenos un riesgo para la salud, especialmente en el caso de los niños y personas con sistemas inmunológicos gravemente comprometidos (12).

Adicionalmente, en Venezuela los análisis de muestras de granos de maíz han demostrado altos niveles de incidencia fúngica y su consecuente contaminación por micotoxinas (8, 13, 14), incluso en harina de maíz precocida se han detectado mohos y levaduras (15); ellos crecen casi en cualquier alimento, a valores bajos de aw y pH ácido, mientras que mayoría de las bacterias se desarrollan a valores altos de aw y pH cercano a la neutralidad (10).

Así, ante la inexistencia de análisis locales

recientes y los escasos estudios internacionales vinculados con este producto, el presente estudio se enmarcó en la búsqueda y aporte de datos sobre la inocuidad microbiológica de la masa artesanal de maíz pilado, a través de un muestreo en el mercado municipal de Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui, que permitió: caracterizar las condiciones ambientales de expendio, caracterizar microbiológica y fisicoquímicamente el producto, comparar los valores experimentales con criterios microbiológicos, así como relacionar la presencia de microorganismos indicadores con la humedad, temperatura y acidez de las masas allí expandidas al público.

Métodos

Criterio de selección de muestra: la investigación consistió en una observación de tipo exploratorio descriptivo de corte epidemiológico, que se realizó en las instalaciones del mercado municipal de Puerto La Cruz, evaluando de manera aleatoria 5 de un total de 8 expendios regulares de masa de maíz pilado. De allí se seleccionaron 5 masas de maíz pilado de acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 2135-1996 (16), que se encontraban envueltas en bolsas plásticas de polietileno cerradas, de aproximadamente 1 Kg y fueron tratadas conforme a la Norma Venezolana COVENIN 1126-89 (17).

Traslado y recepción de muestras: las muestras fueron rotuladas y trasladadas al laboratorio en cavas refrigeradas con hielo (0° C). En el laboratorio se conservaron en refrigeración entre 0°C y -4 °C por un periodo inferior a 24 horas. Se registraron de manera estructurada las condiciones de expendio para cada puesto de venta, como temperatura ambiental, hora, condiciones de exposición (luz/sombra), almacenamiento (refrigeración/ambiente), vestimenta, manipulación.

Medición de la temperatura in situ de las muestras de masa: las muestras se midieron con un termómetro marca ShT, modelo LX-001, rango -20 °C – 110 °C, y apreciación 1 °C, previamente desinfectado con alcohol isopropílico al 70 % v/v, introduciendo el bulbo en el seno de la muestra por un minuto.

Medición de la humedad en las muestras de masa: se realizó de acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 1553-80 (18). Se utilizó una balanza analítica marca Sartorius, modelo

BL210S. Se colocaron 5 g de muestra en cápsulas de aluminio y se dejaron en estufa a 130 °C por una hora. Se dejaron enfriar en desecador por una hora y se determinó la masa. Se repitió el procedimiento hasta alcanzar masa constante.

Medición de la acidez en las muestras de masa: se realizó de acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 1787-81 (19). Se tomaron 5 g de la muestra y se dejaron en reposo con 25 ml de alcohol etílico al 90% neutralizado por 24 horas. Se tomó una alícuota de 10 ml del líquido sobrenadante y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0,05 N, utilizando fenolftaleína como indicador. La acidez se expresa en términos de % de ácido sulfúrico, y se determina mediante la ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \left[\frac{V \times N \times 0,049 \times V_1}{M \times V_2} \right] \times 100$$

Donde: V = Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación (ml)

N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V1 = Volumen de alcohol neutralizado agregado a la muestra (ml)

V2 = Volumen de la alícuota tomada para la titulación (ml)

M = Masa de la muestra (g)

Análisis microbiológico de la masa de maíz pilado

Pretratamiento de las muestras: los empaques plásticos fueron desinfectados previamente a su apertura con una esponja impregnada con solución de alcohol isopropílico al 70 % v/v. Se pesaron 10 g de muestra en una balanza analítica marca Sartorius, modelo BL210S y se depositaron en bolsas de polietileno esterilizadas con sello hermético. Se añadió 90 ml de agua peptonada al 0,1 % y se agitaron en un homogeneizador marca Stomacher 80 a 8000 r.p.m. por 1 minuto.

Coliformes totales: se realizó por el método Standard Methods SM-9221-B. Por cada muestra se inocularon 1 ml en 3 tubos Durham con Lauril Sulfato Triptosa y se incubaron a 35 °C por 24 horas. Posteriormente se realizó una prueba confirmatoria mediante inoculación con asa en tubos Durham con caldo Bilis Verde Brillante. Se incubaron por 24-48 horas. Se utilizó una incubadora de convección natural

marca Memmert.

Coliformes fecales: se realizó por el método Standard Methods SM-9221-E. Por cada prueba positiva en Lauril Sulfato Triptosa (coliformes totales) se inocularon con asa 3 tubos Durham con caldo para enriquecimiento de coliformes (EC) y se incubaron a 45 °C por 24 horas. Se utilizó una incubadora de convección natural marca Memmert.

Escherichia coli: se realizó por el método Norma Venezolana COVENIN 1104-96 (20). Para cada tubo con resultado positivo en la prueba de coliformes fecales se prepararon 2 siembras (réplicas) de 1 ml cada una en tubos con 9 ml de Caldo de Enriquecimiento (EC) mediante la aplicación de una azada. Todas las réplicas se incubaron en una estufa a 45 °C por 24 horas. Posterior a la incubación, para cada tubo con resultado positivo en la prueba con EC se prepararon 2 siembras (réplicas) en placas de Agar Eosina Azul de Metileno (Levine), las cuales se incubaron en una estufa a 35°C por 24 horas. Se utilizó una incubadora de convección natural marca Memmert.

Determinación de Staphylococcus aureus: se realizó por el método Norma Venezolana COVENIN 1292-89 (21). Para la dilución 10⁻¹ de la Solución Madre se prepararon 3 siembras (réplicas) en placas Agar Baird-Parker, y se incubaron a 37°C por 24 horas.

Determinación de mohos y levaduras: se realizó por el método Norma Venezolana COVENIN 1337-90 (22). Para cada una de las diluciones (10⁻¹, 10⁻² y 10⁻³) de la solución madre se prepara una siembra (réplica) en placas con mediante el vertido sobre el centro de las placas de 0,1 ml de la dilución y la posterior adición del Agar Papa-dextrosa. Luego de la solidificación las placas se incubaron en una estufa a 25 °C por 5 días con observación diaria.

Determinación de Aerobios Mesófilos: se realizó por el método Norma Venezolana COVENIN 902-1987 (23). Para cada una de las diluciones (10⁻¹, 10⁻² y 10⁻³) de la solución madre se prepara una siembra (réplica) en placas con mediante el vertido sobre el centro de las placas de 0,1 ml de la dilución y la posterior adición del Agar para Conteo de Placas (PCA). Luego de la solidificación las placas se incubaron en una estufa a 25 °C por 5 días con observación diaria.

Procesamiento y análisis de datos

Ante la ausencia de una norma venezolana referida de manera específica al producto de estudio y una carencia general de otros estudios que permitan comparación, se establecieron como referentes comparativos entre los datos experimentales y los valores de

referencia las normas de legislación española (24,10), y la Norma Sanitaria N° 615-2003 "Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano" de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud Peruano (DIGENSA) (25):

Criterios microbiológicos para pastas y masas frescas precocidas

Norma Sanitaria N° 615-2003. Dirección General de Salud Ambiental.
Ministerio de Salud Peruano

Agente Microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos ufc/g	2	3	5	2	104	105
Coliformes totales	5	3	5	2	10	102
Staph. aureus	8	3	5	1	102	103
E. coli	6	3	5	1	10	102
Hongos y mohos	5	3	5	2	103	104
Levaduras	2	3	5	2	103	104

Componentes del plan de muestreo:

"n" (minúscula): Número de unidades de muestra requeridas para realizar el análisis, que se eligen separada e independientemente, de acuerdo a normas nacionales o internacionales referidas a alimentos y bebidas apropiadas para fines microbiológicos.

"c": Número máximo permitido de unidades de muestra rechazables en un plan de muestreo de 2 clases o unidades de muestra provisionalmente aceptables en un plan de muestreo de 3 clases. Cuando se detecte un número de unidades de muestra mayor a "c" se rechaza el lote.

"m" (minúscula): Límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general, un valor igual o menor a "m", representa un producto aceptable y los valores superiores a "m" indican lotes rechazables en un plan de muestreo de 2 clases.

"M" (mayúscula): Los valores de recuentos microbianos superiores a "M" son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

La relación entre frecuencias microbiológicas y propiedades fisicoquímicas se estableció a través de una regresión lineal. El procesamien-

to de la información se hizo con base en los paquetes estadísticos SPSS v 20, para tabular, graficar y analizar toda la información.

Resultados

Caracterización de las condiciones ambientales del mercado de Puerto La Cruz: en algunas zonas se observó la exposición directa de los alimentos a la intemperie, en contacto directo con el consumidor, e incluso sin protección a la luz solar. Los alimentos se expendían en lugares cercanos al desagüe de aguas servidas y aguas negras, y al depósito de desperdicios. La venta de la masa de maíz pilado no escapaba a estas condiciones, vendiéndose en conjunto con hortalizas, verduras y tubérculos, que provienen directamente de sus zonas de cultivo, y por lo tanto pueden ser focos de contaminación cruzada.

Caracterización microbiológica de la masa de maíz pilado: al realizar la comparación entre muestras para cada microorganismo analizado, se observó una alta dispersión reflejada en los valores de desviación estándar relativa para todos los microorganismos, a excepción del conteo para aerobios mesófilos, lo que permitió inferir que existen factores en el proceso de obtención y preservación de las masas de maíz pilado que han podido influir en la carga microbiana del producto expuesto en

Tabla 1. Análisis microbiológico de las muestras de masa de maíz

Muestra	Aerobios mesófilos ufc/g	Coliformes totales NMP/g	Coliformes fecales NMP/g	Staph. Aureus ufc/g	E. coli ufc/g	Hongos y mohos ufc/g	Levaduras ufc/g
1	$2,97 \times 10^7$	$2,40 \times 10^7$	$1,60 \times 10^7$	$2,70 \times 10^2$	$4,50 \times 10^2$	Ausente	$2,60 \times 10^2$
2	$3,91 \times 10^7$	$2,40 \times 10^5$	$1,60 \times 10^5$	$9,00 \times 10^2$	$3,96 \times 10^3$	Ausente	$3,19 \times 10^3$
3	$5,40 \times 10^7$	$2,40 \times 10^6$	$1,60 \times 10^6$	$1,16 \times 10^3$	$2,32 \times 10^3$	Ausente	$3,45 \times 10^3$
4	$3,52 \times 10^7$	$2,40 \times 10^6$	$1,60 \times 10^6$	$8,40 \times 10^2$	$2,56 \times 10^3$	Ausente	$3,24 \times 10^3$
5	$6,75 \times 10^7$	$2,10 \times 10^5$	$1,20 \times 10^5$	$1,50 \times 10^2$	$3,60 \times 10^3$	Ausente	$2,61 \times 10^3$
Promedio	$3,95 \times 10^7$	$7,26 \times 10^6$	$4,84 \times 10^6$	$7,93 \times 10^2$	$2,32 \times 10^3$	Ausente	$2,53 \times 10^3$
Desviación Estándar	$1,04 \times 10^7$	$1,12 \times 10^7$	$7,47 \times 10^6$	$3,75 \times 10^2$	$1,44 \times 10^3$	Ausente	$1,52 \times 10^3$
Desviación Estándar Relativa %	26,3	154,4	154,4	47,3	62,1	Ausente	60,0
Norma Técnica	1×10^5	1×10^5	1×10^5	1×10^2	1×10	1×10^2	1×10^2

venta y que varían notablemente entre cada expendedor. En este caso resaltaron la elevada variabilidad obtenida para coliformes totales y fecales, con una desviación estándar relativa superior al 100 % (ver Tabla 1).

Caracterización fisicoquímica de la masa de maíz pilado: al comparar los valores de humedad y acidez entre las masas de maíz amarillo refrigerada y la masa de maíz blanco no refrigerada se observó que no existen prácticamente diferencias significativas, aunque los valores obtenidos para la masa de maíz blanco son ligeramente mayores (ver Tabla 1). El valor de humedad en las masas de maíz pilado (69,2 %) está en el orden de valores referidos en alimentos de cereales cocidos, como la arepa, el arroz 5% de grano partido, o cereales infantiles a base de maíz.

Comparación de valores experimentales con los criterios microbiológicos: al compararse los valores obtenidos para los aerobios mesófilos con las normas consultadas, se observó que para todas las masas analizadas, independientemente de si se expenden o no bajo refrigeración, niveles superiores a los establecidos como máximos de hasta 2 órdenes de magnitud. La misma situación se observó para coliformes totales y coliformes fecales. En el caso de Staphylococcus aureus, Escherichia coli y levaduras, el valor máximo que exceden

las unidades formadoras de colonias en relación a los valores de referencia fue de un orden de magnitud.

Relación entre la abundancia de microorganismos y la humedad de la masa de maíz pilado: los niveles de humedad registrados para las masas de maíz pilado alcanzaron un 70 %, el cual se considera elevado para un alimento que presumiblemente puede estar expuesto horas o días para la venta sin una debida preservación.

Comparación masa refrigerada vs masa no refrigerada: se encontró que en el caso de los aerobios mesófilos existía una diferencia de aproximadamente el doble de ufc/g, lo que concuerda con lo esperado, pero que en parámetros como los coliformes totales, coliformes fecales y Staphylococcus aureus, no se puede establecer una diferencia debido a la variabilidad obtenida en las masas que fueron refrigeradas. Sin embargo, aunque estos valores son menores para la masa no refrigerada, que es contrario a lo que se podía esperar, no se puede establecer relación alguna por la falta de información sobre el procesamiento de las masas. También se destaca la mayor presencia de Escherichia coli en la muestra no refrigerada.

Relación de la abundancia de microorganismos

mos y la acidez titulable: los niveles de acidez titulable registrados para las masas de maíz pilado promediaron el 0,004 % +/- 0,0005 %, valores que indicaron un medio ligeramente ácido cercano a la neutralidad.

Discusión

Caracterización de las condiciones ambientales del mercado de Puerto La Cruz: el mercado no reúne las condiciones adecuadas que garanticen la inocuidad microbiológica de los alimentos, lo cual podría conllevar riesgos importantes para la salud pública, considerando además que es el mercado más importante no solo de la ciudad sino de todo el oriente del país y del cual se abastecen directa e indirectamente millones de personas. La incidencia de las ETA es un tema global muy vigente y varía entre diferentes países, pero justamente son los países en desarrollo los que se llevan la mayor parte del problema; aunque los episodios de estas enfermedades siguen constituyendo igualmente un reto para la salud pública en los países industrializados. Estudios recientes sobre la carga de enfermedades en el Caribe han informado que la tasa de incidencia de enfermedades gastrointestinales agudas asociadas a alimentos contaminados varía de 0,65 casos / persona / año a 1,4 casos / persona / año y estima los costos totales asociados entre \$700,000 por año hasta 19 millones de dólares (26,27), en Colombia y Paraguay han establecido evaluación higiénico-locativa de expendios como garantía microbiológica para los consumidores (28, 29), así como en Ghana han reportado (30) sobre la necesidad de mejorar la seguridad de los alimentos para prevenir la incidencia de estas enfermedades.

Caracterización microbiológica de la masa de maíz pilado: Existen varios factores posteriores al procesamiento del maíz para la obtención de las masas que pueden influir significativamente en la actividad microbiológica, y de los cuales no se dispone de información detallada para el estudio. Uno es el lapso de tiempo transcurrido entre la preparación de la masa y la toma de la muestra. Otro factor es el tiempo y la temperatura de refrigeración de las masas, si estas son preservadas antes de la venta. Estos factores serían variables de interés a considerar para próximos estudios. La comparación de los indicadores microbiológicos obtenidos para la masa de maíz blanco no refrigerada con los obtenidos para la masa

amarillas que fueron refrigeradas previamente a la venta, permiten inferir sobre ciertos criterios relacionados con el factor climático. En el caso de los aerobios mesófilos, el valor obtenido para la masa de maíz blanco no refrigerada superó a todos los valores obtenidos para las masas de maíz amarillo refrigeradas. Este hecho fue consistente con lo esperado para microorganismos que se desarrollan mayormente a la temperatura ambiente promedio del mercado municipal de Puerto la Cruz, que está en torno a los 30 °C. Sin embargo, no se observó el mismo patrón para coliformes totales y fecales, donde los valores obtenidos para la masa amarilla refrigerada superan hasta en uno o dos órdenes de magnitud a los de la masa de maíz blanco no refrigerada. Para *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y levaduras, se observan valores inferiores para la masa de maíz blanco no refrigerada, aunque manteniéndose en el mismo orden de magnitud, por lo que no parecen haber diferencias considerables. Es notable que puede haber una incidencia de algún factor sanitario en la manipulación por cada expendedor, independientemente de del tipo de maíz y de las condiciones de preservación de las muestras.

Comparación de valores experimentales con los criterios microbiológicos: resultó alarmante que todas las muestras presentaron niveles de coliformes totales y fecales superiores hasta en 2 órdenes de magnitud al límite máximo para alimentos, al igual que la presencia en todas las muestras analizadas de *Escherichia coli* en hasta 100 veces por encima del valor permitido para alimentos de consumo inmediato, y que debe estar ausente por completo en el caso de cereales. Sin embargo, los niveles de *Staphylococcus aureus* se encontraron en valores ligeramente superiores al límite máximo, aunque en el mismo orden de magnitud, pero que son también indicadores de procedimientos inadecuados en la manipulación o empaqueo del producto, ya que podría reflejar el uso de materiales no apropiados para conservar la inocuidad del alimento. En el proceso de empaqueo puede ocurrir el contacto directo de la parte interna del empaque con las manos del empaquetador, o al despegar las paredes de las bolsas mediante frotación e insuflado directo de aire con la boca, causando contaminación por no cumplir con las normas de higiene.

Relación entre la abundancia de microorganismos y la humedad de la masa de maíz pilado:

no toda el agua contenida en la masa de maíz pilado se encuentra químicamente comprometida, pues parte de la humedad es añadida durante el proceso de molienda, por lo que se podría inferir que la actividad de agua debe ser elevada, al nivel de valores de 0,80 o inclusive 0,90; esto propiciaría el desarrollo de cualquier tipo de microorganismo (11). Las bacterias se desarrollan en aw superiores a 0,90; mientras que las levaduras lo hacen en aw superiores a 0,85 y los hongos en aw superiores a 0,80. Otro factor a considerar es la calidad del agua añadida en la molienda, la cual pudiera ser no apta para el consumo humano, y por lo tanto, ser una fuente de contaminación cruzada. La ausencia de mohos y hongos en las determinaciones a pesar de los elevados niveles de humedad registrados en las muestras hizo inferir que la preparación de las masas era de reciente data, pero que su crecimiento exponencial era fácil de prever dados los niveles de humedad favorables para su reproducción. No así en el caso de las levaduras, presentes en todas las muestras analizadas, hasta en un orden de magnitud por encima del valor referido en la norma de consulta. La presencia de levaduras podría confirmar actividades de agua elevadas en la masa de maíz. Los aerobios mesófilos muestran una tendencia a incrementar su formación en función de la humedad presentada en la masa. Aunque no se pudo establecer una relación matemática formal, ni se dispone de valores de actividad de agua para el alimento, concuerda con el hecho de un incremento de la actividad bacteriológica a medida que la humedad es mayor. En el caso de los *Staphylococcus aureus* y las levaduras, no se puede aseverar una tendencia definida con respecto a la humedad. Para los valores de *Staphylococcus aureus* se observan altibajos que no permiten establecer una relación matemática definida, pero en cierta región si existe una tendencia al incremento de la formación de colonias a medida que se incrementa la humedad.

Relación de la abundancia de microorganismos y la acidez titulable: en tales condiciones, microorganismos como el *Staphylococcus aureus* presentarían alta actividad debido a que estos crecen en valores de pH entre 4.5 y 9.3, con un óptimo de 7.0 a 7.5, y por lo tanto generarían las enterotoxinas asociadas a gastroenteritis. No se reportó una alta variabilidad en los valores de acidez titulable, lo que dificulta establecer una tendencia clara entre este parámetro y los niveles de microorganismos, sin embargo, para cada uno de los

microorganismos se observaron máximos a un nivel de acidez de 0,004 %, lo que puede significar que este valor representaría probablemente una condición óptima.

Conclusiones

La masa artesanal de maíz pilado expandida en el mercado municipal de Puerto La Cruz presenta un elevado nivel de microorganismos indicadores con respecto a los límites microbiológicos referidos como seguros para el consumo humano, siendo sus diferencias estadísticamente significativas para aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, y críticamente significativas para coliformes totales y coliformes fecales. Estos riesgos asociados a la inocuidad del producto, podrían solventarse mejorando procedimientos de elaboración de las masas donde se controlen su acidez, humedad y temperatura; así como las condiciones generales de almacenamiento y manipulación para la venta. Los resultados de esta investigación van dirigidos en forma de propuesta, tanto a consumidores como a las autoridades sanitarias, así como a las instancias académicas y de investigación en el área de alimentos, aportando datos que pueden ser valiosos en la necesaria búsqueda de las estrategias operacionales que logren asegurar la inocuidad de la masa artesanal de maíz pilado, dada su importancia como producto de consumo masivo.

Fuente de financiamiento

La presente investigación estuvo financiado por los autores.

Contribución de los autores

Todos los autores participaron en todo el proceso de la investigación.

Conflicto de Interés

Declaramos no tener conflicto de interés.

Referencias

1. Banco Central de Venezuela. Resultados del Índice Nacional de Precios al Consumi-

- dor, Producto Interno Bruto y Balanza de Pagos. Disponible en: www.bcv.org.ve/Upload/Comunicados/aviso180216.pdf. Fecha de consulta: febrero 2017.
2. Sánchez R. Venezuela (2015): Un régimen híbrido en crisis. *Rev. Ciencia Pol. (Santiago)*. 2016; 36(1): 365-381.
 3. Boletín Epidemiológico. Semana Epidemiológica No. 52. Disponible en: <https://www.ovsalud.org/descargas/publicaciones/documentos-oficiales/Boletin-Epidemiologico-2013.pdf>. Fecha de consulta: junio 2020.
 4. Landaeta M, Herrera M, Vásquez M, Ramírez G. La alimentación de los venezolanos, según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2015. *An. Ven. Nut.* 2015; 29(1), 18-30.
 5. Ekmeiro-Salvador J, Moreno-Rojas R, García-Lorenzo M, Cámara-Martos F. Patrón de consumo de alimentos a nivel familiar en zonas urbanas de Anzoátegui, Venezuela. *Nut. Hosp.* 2015; 32(4): 1758 - 1765.
 6. Instituto Nacional de Nutrición. Enriquecimiento de la Harina de maíz precocida y de la harina de trigo en Venezuela. Una gestión con éxito. Publicación N°51. Caracas: Serie Cuadernos Azules; 1995, 58 p.
 7. Balbás N. La arepa venezolana cambia de "look". Disponible en: www.revistavenezolana.com/2016/09/la-arepa-venezolana-cambia-look/. Fecha de consulta: diciembre 2017.
 8. Barreto S. Desarrollo y evaluación de mezclas formuladas a partir de canavalia (*Canavalia ensiformis.*), maíz (*Zea mays L.*), arroz (*Oryza sativa.*) y ocumo chino (*Colocasia esculenta L Schott.*) destinadas al consumo humano. Tesis doctoral inédita. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias; 2012, 394 p.
 9. Herrera I. Denuncian aumento en brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. Disponible en: <https://cronica.uno/denuncian-aumento-brotes-enfermedades-transmitidas-alimentos/>. Fecha de consulta: junio 2020.
 10. Jay J. Microbiología Moderna de los Alimentos. España: Editorial Acribia; 2000, 788 p.
 11. Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Gutiérrez-Builes LA. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pub.* 2017; 35(2): 236-247.
 12. Camacho A, Giles M, Ortigón A, Palao M, Serrano B, Velázquez O. Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos, UNAM. México. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicasBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf. Fecha de consulta: enero de 2018.
 13. Borja B, Caicedo M. Control de micotoxinas en alimentación y salud pública. *RAED Trib. Plur. Rev.Cient.* 2017; 15 (2):113-138.
 14. Mazzani C, Luzón O, Chavarri M, Fernández M, Hernández N. Fusarium verticillioides y fumonisinas en maíz cosechado en pequeñas explotaciones y conucos de algunos estados de Venezuela. *Fitopat. Ven.* 2008; 21:18-22.
 15. Chavarria M, Mazzani C, Luzón N, Garridoa M. Detección de hongos toxigénicos en harinas de maíz precocidas distribuidas en el estado Aragua, Venezuela. *Rev. Soc. Ven.Micro.* 2012; 32:126-130.
 16. SENCAMER. Norma venezolana COVENIN 2135-1996: harina de maíz precocida. Disponible en: www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/2135-96.pdf. Fecha de consulta: octubre 2016
 17. SENCAMER. Norma venezolana COVENIN 1126-89: Alimentos. Identificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico. Disponible en: www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1126-89.pdf. Fecha de consulta: octubre 2016
 18. SENCAMER. Norma venezolana COVENIN 1553-80: Productos de cereales y leguminosas. Determinación de humedad. Disponible en: www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1553-80.pdf. Fecha de consulta: diciembre 2016
 19. SENCAMER. Norma venezolana COVENIN 1787-81: Productos de cereales y leguminosas. Determinación de acidez. Disponible en: www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1787-81.pdf. Fecha de consulta: diciembre 2016
 20. SENCAMER. Norma venezolana COVENIN 1104-96: Determinación del número más probable de coliformes, coliformes fecales y de *Escherichia coli*. Disponible en: www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1104-96.pdf. Fecha de consulta: septiembre 2016
 21. SENCAMER. Norma Venezolana COVENIN 1292-89: Alimentos. Aislamiento y

- recuento de *Staphylococcus aureus*. Disponible en: www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1292-89.pdf. Fecha de consulta: septiembre 2016
22. SENCAMER. Norma venezolana COVENIN 1337-1990: Alimentos. Método para recuento de mohos y levaduras. Disponible en: www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1337-1990.pdf . Fecha de consulta: octubre 2016
23. SENCAMER. Norma venezolana COVENIN 902-1987: Alimentos. Métodos para el recuento de colonias de bacterias aerobias en placas de Petri. Disponible en: www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/902-87.pdf . Fecha de consulta: octubre 2016
24. Boletín Oficial Estado Español. Ministerio español de la presidencia y para las administraciones territoriales. Real Decreto 512/1977. Disponible en: www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1977-8444. Fecha de consulta: diciembre de 2016.
25. DIGENSA. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Proyecto de Actualización de la RM N° 615-2003 SA/DM. Disponible en: www.digesa.sld.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf . Fecha de consulta: febrero 2017.
26. OPS Venezuela. Día mundial de la salud 2015: del campo a la mesa. Haz tu parte. Disponible en: https://www.paho.org/venezuela/index.php?option=com_content&view=article&id=176:dia-mundial-de-la-salud-2015-del-campo-a-la-mesa-haz-tu-parte&Itemid=0. Fecha de consulta: junio 2020.
27. Rodríguez-Torrens H, Barreto-Argilagos G, Sedrés-Cabrera M, Bertot-Valdés J, Martínez-Sáez S, Guevara-Viera G. Las enfermedades transmitidas por alimentos, un problema sanitario que hereda e incrementa el nuevo milenio. *Rev Electrónica de Vete.* 2015; 16 (8): 1-27.
28. Ruíz-Pérez R, Menco-Morales N, Chams-Chams L. Valoración microbiológica de queso costeño artesanal y evaluación higiénico-locativa de expendios en Córdoba, Colombia. *Rev. Salud Pública.* 2017; 19 (3): 311-317.
29. Ramos P, Fernández N, Estigarribia G, Ríos P, Ortiz A. Buenas prácticas de manufactura y factores de riesgo durante la manipulación de alimentos en los mercados municipales del Departamento de Caaguazú (2015-2016). *Rev. Inst. Med. Trop.* 2017; 12(2): 31-37.
30. Yeleliere E, Jerry S, Imoro Z. Review of microbial food contamination and food hygiene in selected capital cities of Ghana. *Cogent Food & Agriculture.* 2017; 3:1.